

用包含确定度指数的 四阶测试卷诊断迷思概念

——以高中运动学为例

钟 仪 皮飞鹏 梁文懿

【摘 要】学生在学习过程中会产生迷思概念,这对其科学概念的建构会产生负面影响,因而诊断并转变迷思概念对于物理概念教学至关重要。文章在传统二阶测试卷的基础上加入针对答案和理由的确定度指数阶,形成包含确定度指数的四阶测试卷,并以高中运动学概念为例在两所中学进行诊断,发现高中生在质点、位移、加速度等运动学概念上存在的迷思。确定度指数测试结果表明,形成迷思概念的主要原因有:物理概念自身的抽象性、教师的教学经验影响、学生思维定式的负效应等。

【关键词】迷思概念;四阶测试卷;确定度指数;高中运动学

学习者头脑内片面的、模糊不清的或错误的概念被称为迷思概念,它具有一定的隐蔽性和顽固性,能够产生广泛的负迁移,影响学生科学概念的形成,成为物理学科核心素养培养的巨大阻碍^[1-2]。高中的运动学知识与学生生活紧密相关,学生通过学习运动学有关物理量并学会对各种机械运动进行描述,可以加深其对各种运动现象的理解,是学生构建运动观的基础。因此,测试高中生学习运动学知识时存在的迷思概念并了解其成因,对学生学习高中物理及培养物理观念具有重要的现实意义。目前,对高中生运动学迷思概念的调查测试主要采用传统一阶测试选择题,虽然客观高效,但很难让教师了解学生的实际思路。为了弥补传统测试的局限性,1988年 Treagust 在答案阶的基础上加入理由阶,以凸显学生的做题思路^[3]。然而,二阶测试仍无法区分学生对答案和理由的正确选择是出于猜测或理解,因此随后出现的四阶测试卷增加了答案和理由是否确定的选项,不仅可以了解学生的推理过程,也有利于对学生缺乏的相关知识进行挖掘^[4-5]。但这种确定阶选项过于简化,无法对学生选择某选项的确定程度进行更细致深入的了解,不利于对学生错

误选择的原因进行归类。

本文通过二阶开放式测试卷摸查学生的运动学迷思概念,并结合一线教师访谈结果编制包含答案确定度指数阶和理由确定度指数阶的四阶测试卷,通过分析测试结果,总结高中生运动学迷思概念现状,探讨迷思概念产生的深层次原因,并提出针对性的教学建议。

一、迷思概念四阶测试卷的编制

(一)迷思概念四阶测试卷设计流程

本研究四阶测试卷设计和施测流程如图1所示。

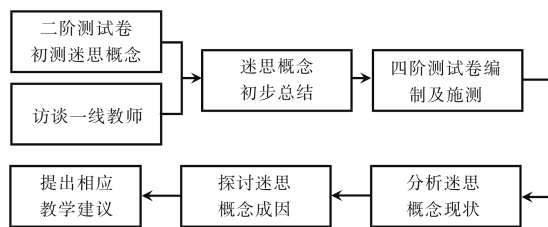


图1 运动学迷思概念四阶测试卷设计和施测流程

(二)运动学迷思概念初步总结

为了能在进行四阶测试卷诊断之前获得高中学生运动学迷思概念的大概分布,提高四阶测试卷的信度及效度,本研究先采用二阶开放式测试卷初测

学生的迷思概念,该测试卷答案阶(一阶)为选择题,理由阶(二阶)为开放题。二阶测试卷在整理了有关高中生对运动学概念认知的研究文献,并总结其中重点研究的运动学概念(包括质点、参考系、速度与速率、位移与路程等)后形成,共 12 题,部分题目改编自力学概念测试量表 FCI。二阶测试的同时,我们还访谈了多位资深高中物理教师,通过分析二阶测试和教师访谈的结果,初步总结了高中生主要的运动学迷思概念情况(表 1)。

表 1 高中生运动学迷思概念初步总结

运动学概念	学生存在的迷思概念
质点	质量和体积极小的物体称为质点; 相对大小较小的物体称为质点; 质点是没有形状、没有质量的点。
参考系	不动的物体才能选为参考系; 任何情况下地面都是最佳参考系。
时间间隔与时刻	时间间隔可以分成有限个时刻; 时刻是较短的一段时间。
位移与路程	位移与路程在直线运动中相同; 位移是标量。
平均速度与平均速率	平均速率就是平均速度的大小。
瞬时速度与位移的关系	相同时间内物体的位移相同,则其运动速度一定相同。
加速度与速度的矢量关系	速度变化则加速度也会变化;只要加速度方向不变,速度就变大。
自由落体运动	物体越重受到的重力越大,下落越快;物体下落时重力都会增加。

(三) 四阶测试卷的编制

在前期二阶测试、文献调研和教师访谈的基础上,本文编制了诊断运动学迷思概念的四阶测试卷。第一阶,传统测试题的题干和选项,以检测学生是否形成正确概念;第二阶,理由阶,考查学生选择答案的理由,探查学生对运动学概念的理解情况是否存在偏差;第三阶,答案确定度指数阶;第四阶,理由确定度指数阶。第三阶和第四阶设置为李克特量表,让学生分别选择对于答案阶和理由阶所选选项的确定程度,由 1(很不确定)~5(完全确定)的 5 个等级

表示。以探查质点概念的题目为例,如表 2 所示。

表 2 四阶题目编制实例(质点)

题目	理由
下列情形中的物体可以看作质点的是: (A) 硬币:将一枚硬币上抛,猜测落地时哪面朝上 (B) 列车:研究车身通过某站牌需要的时间 (C) 蜂鸟:研究蜂鸟扇动翅膀的频率 (D) 地球:研究地球绕太阳公转一圈的时间 (E) 月球:研究月球上环形山的分布 (F) 击剑运动员:研究其攻击时的步伐 (G) 直升飞机:研究飞行中的直升飞机上螺旋桨的转动	你选择该答案的理由是: (a) 质量和体积极小的物体称为质点 (b) 物体的大小、形状可忽略时称为质点 (c) 做平动或转动的物体都称为质点 (d) 相对大小较小的物体称为质点 (e) 质点是没有形状、没有质量的点 (f) 只研究其运动状态的物体称为质点 (g) 其他
你对答案的选择: 很不确定 1 2 3 4 5 完全确定	对原因的选择: 很不确定 1 2 3 4 5 完全确定

测试卷共 9 题,测试主题包括质点(第 1 题)、参考系和坐标系(第 2 题)、时间间隔与时刻(第 3 题)、位移与路程(第 4 题)、速度与加速度(第 5~8 题)、自由落体运动(第 9 题)等。

(四) 四阶测试卷的施测情况

四阶测试卷在两所中学的高一年级施测,被试学生样本共 277 人,其中 A 校人数 133 人,男女比例约为 4:5,B 校人数 144 人,男女比例约为 1:1。采取不记名形式完成,测试时间为 15 分钟,测试是在学生学习完运动学知识大约半年之后进行。使用 SPSS 22.0 软件对测试数据进行处理,得出两个李克特量表的克隆巴赫系数分别为 0.939 和 0.932,测试卷的信度良好。四阶测试卷是在前期二阶测试结果和教师访谈的基础上确定的,保证了效度。

二、应用确定度指数四阶测试卷诊断迷思概念的方法

四阶测试卷测试结果的整理分析步骤如下:首先,统计各题答案阶和理由阶的正确率,并采用图表直观呈现,了解高中学生对运动学概念的掌握情况;

其次,利用确定度指数阶的测试结果,将指数 3 作为分界,重点考查理由阶的确定度,将学生的迷思概念分类诊断为:真性、假性迷思概念,假阳性、假阴性迷思概念,知识缺失及缺乏信心的迷思概念,具体诊断方法如表 3 所示。真性、假性迷思概念指学生对答案和理由的选择皆有错误,但两者在理由阶确定度上有所不同;假阳性迷思概念指学生可以从记忆中提取相关知识或靠猜测得到正确答案,但无法分析出选择答案的原因;假阴性迷思概念则指学生能清晰理解概念并选出正确理由,但做题时却不能准确应用导致答案选择错误;缺乏信心的学生对概念的理解和运用皆无问题,但确定度不高。根据分类,统计学生存在的迷思概念中最突出的类型,分析该类迷思概念形成的原因。最后,把探查得出的高中运动学真性、假性迷思概念及相对应的人数比例总结成表格,深入探讨迷思概念的成因,为提出教学建议提供参考。

表 3 四阶测试的诊断方法

	答案阶	确定度 1	理由阶	确定度 2
正确概念	✓	≥ 3	✓	≥ 3
真性迷思概念	×	≥ 3	×	≥ 3
	×	< 3	×	≥ 3
假性迷思概念	×	≥ 3	×	< 3
	×	< 3	×	< 3
假阳性迷思概念	✓	≥ 3	×	< 3
	✓	< 3	×	< 3
假阴性迷思概念	×	≥ 3	✓	≥ 3
	×	< 3	✓	≥ 3
知识缺失	✓	≥ 3	×	≥ 3
	✓	< 3	×	≥ 3
	×	≥ 3	✓	< 3
	×	< 3	✓	< 3
缺乏信心	✓	< 3	✓	≥ 3
	✓	≥ 3	✓	< 3
	✓	< 3	✓	≥ 3

三、高中运动学迷思概念诊断结果

(一) 四阶测试卷正确率分析

各测试题答案阶和理由阶的正确率如图 2 所示。所有题目的答案阶正确率都比理由阶高,即大

部分学生仅在答案阶选择正确,说明学生可能靠猜测得出正确答案,无法准确分析选择该答案的理由,这代表学生并非真正掌握科学概念,存在一定迷思。如果教师仅依靠答案阶的正确率来判断学生的科学概念掌握情况,就会对学生的概念理解产生误判而疏忽了课堂上对概念的讲解,迷思概念得不到充分的解决。

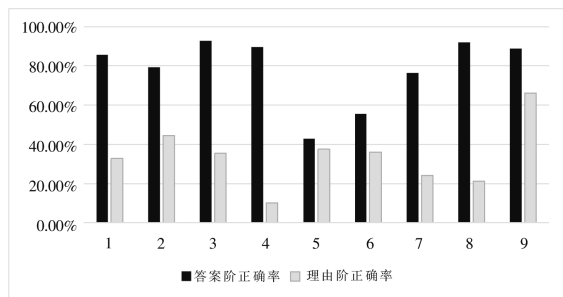


图 2 四阶测试卷答案阶和理由阶正确率

(二) 确定度分析

根据表 3 的诊断方法进行统计,假阳性、假阴性以及知识缺失的情况如图 3 所示。

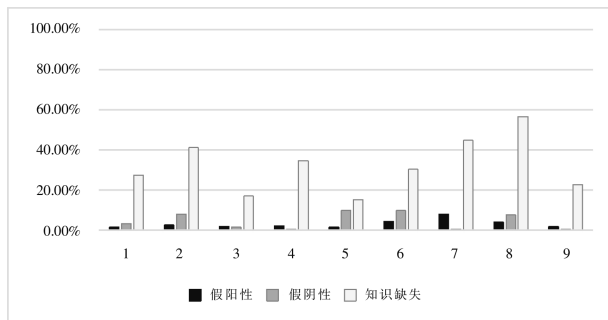


图 3 假阳性、假阴性及知识缺失人数比例分布

整体上看,知识缺失的情况比较严重,可能是由于这部分学生在第一次学习相关概念时并未很好地理解和掌握新概念,存在知识缺失,需要教师特别重视。而测试是在学生学习运动学知识半年后进行的,知识缺失的情况可能很大比例是知识点遗忘造成的。

假阳性迷思概念是指学生答案选择正确但理由错误,且确定度偏低的概念。第 7 题的假阳性比例为 7.94%,这说明有部分学生虽然能通过猜测得到正确答案,但无法对正确理由进行选择。这些学生对加速度的比值定义潜在迷思,没有正确理解掌握这种物理分析方法,尚未学会从具体走向抽象的思维方式。



假阴性迷思概念是指学生选择了错误答案和正确理由,且确定度较高。第5题、第6题的假阴性比例较其他题目偏高,说明这部分学生对速度与位移、路程之间的关系理解不彻底,能熟练调取头脑中储存的课本定义、规律、理论等来选择出正确理由,但是难以将定义规律或理论应用到实际中选择正确答案。即学生并没有真正理解速度与位移之间关系的本质,这有可能是在课堂讨论和教科书中较少提及两者之间的关系的缘故。

(三)迷思概念成因分析

测试发现迷思概念主要有14个,我们在表4中统计各个迷思概念在学生中的人数比例,并分析其确定度指数两阶的确定度百分比(由李克特量表换算得出,完全确定为100%),从而确定迷思概念的真假。可以看出,虽然运动学概念属于高中知识点中较为简单的内容,但是学生仍然存在一定的迷思概念,需要教师在教学中重点讲解。

在作为基础知识学习的质点、参考系、时间间隔

和时刻、位移和路程等概念,以及第9题这类与现实情境有较大联系的题目上,学生存在的迷思概念大部分是真性的,原因是这些概念与生活情境相近,学生在未上课前就已经积累一定的经验,形成了与正确概念有出入甚至相悖的想法;教师也通常因将其视为基础概念而简单讲解,未厘清科学概念与生活概念的区别,使学生的迷思概念无法及时转变。这类迷思概念的形成与先入为主的生活经验脱不了关系。

第5题学生难以辨别平均速度与平均速率这两个不同的概念,大约有38.27%的学生认为平均速度与平均速率相同,且确定度指数高达77.74%和74.15%,说明部分学生对速度概念的含义不明确,可能是因为教师和课程教材为了教学简便,偏向于使用匀速直线运动及匀加速直线运动来代表普遍的机械运动情况,恰巧这两种情况下平均速度和平均速率是相同的,学生错误地举一反三,将特殊情况放大至一般,形成了真性迷思概念。显然,这类迷思概念是由教师“不恰当”的教学经验和教材案例局限性造成。

表 4 四阶测试的迷思概念情况

题项	迷思概念	人数比例	确定度指数		程度
			答案阶	理由阶	
1	只研究其运动状态的物体称为质点 质点是没有形状、没有质量的点	9.75%	76.30	74.07%	真性
2	不同参考系下物体的相对运动不变	11.19%	88.39%	87.74%	真性
3	时间间隔是较长的一段时间 时刻是较短的一段时间	5.05%	70.00%	68.57%	真性
4	位移等于路程 位移是物体的运动轨迹	7.94%	77.27%	77.27%	真性
5	平均速率就是平均速度的大小	38.27%	77.74%	74.15%	真性
		8.30%	37.14%	32.17%	假性
6	物体位移相同,其运动速度也相同	24.91%	77.97%	76.23%	真性
		7.58%	37.14%	35.24%	假性
7	加速度的比值定义不需要考虑单位	18.05%	78.40%	77.60%	真性
		5.05%	37.14%	34.29%	假性
8	速度变化则加速度也会变化 只要加速度方向不变,速度变大	13.36%	74.59%	72.97%	真性
		5.78%	37.50%	31.25%	假性
9	物体越重受到的重力越大,下落越快物体下落时重力增加	81.11%	75.56%	6.50%	真性
		44.00%	32.00%	3.61%	假性

对于第6题,高达32.49%的学生在使用物体运动的频闪图像判断物体运动速度和时间时,认为在位移相同的情况下,不需要考虑时间,其运动速度也相同。对于第8题,有13.36%的学生认为速度变化与加速度变化一致,这反映了学生对速度和加速度概念的混淆。第6题和第8题的错误可能是因为学生忽视了时间在位移、速度和加速度三个概念之中所起的不同作用,也可能由于初中没有强调物理量的方向,思维定式使学生忽略了物理量的矢量性,这种物理概念自身的抽象性和初中思维定式的负效应使得学生形成了假性迷思概念。

四、研究结论与建议

我们使用自编的包含确定度指数的高中运动学迷思概念四阶测试卷诊断发现,高一学生在运动学部分存在的主要迷思概念及其原因包括:质点的迷思概念主要是因为学生对抽象概念理解能力的欠缺,无法理解质点有质量但无形状;参考系的迷思在于学生无法对建立了不同参考系的同一物体进行不同的运动分析;关于时刻和时间间隔的定义,学生仍无法理解“点”(时刻)和“线段”(时间间隔)的不同;部分学生不能区分位移和路程,对位移的定义不明确;加速度的定义中,学生不考虑位移和时间的单位,对量纲没有明确的概念;而对自由落体运动的理解仍有学生停留在“物体下落时重力增加”的迷思上。

通过确定度指数的诊断结果对这些迷思概念进行分类后,我们发现学生在运动学概念学习过程中真性、假性迷思概念的成因有:概念不清(物理概念自身抽象性)、教师教学经验影响(概念教学较少)、教材案例局限性、思维定式负效应、先入为主的生活经验影响等。在确定度指数的帮助下,四阶测试卷不仅可以了解学生的做题思路,同时更深入地显示学生迷思概念的类型,还可以诊断出真性、假性、假阴性、假阳性以及知识缺失的情况。因此,四阶测试卷在一定程度上提高了评价效果,能够提供更为可靠的诊断结果。

在实际教学中,教师要了解学生对运动学概念理解的现状,厘清迷思概念及其产生的原因,重视基

本概念内涵的讲授,转迷思概念为科学概念。我们建议:教师讲授新课时可以在教材案例的基础上,寻找贴近学生生活、与时俱进的案例进行概念教学,引导学生了解概念内涵的定义原因,减少机械灌输,避免迷思概念的形成。

对于已经存在的迷思概念,教师在自身教学经验积累的基础上,还应使用测试卷来检测学生的迷思概念^[6]。可以参考建构主义理论的主张,创造必要的情境,在教科书的内容和学生的原始观念之间建立认知“冲突”,让学生认识到自己存在的迷思,从学生自身努力和教师外在干预两个方向促使迷思概念的转变。

参考文献:

- [1]陈坤,唐小为. 国外迷思概念研究进展的探析及启示[J]. 教育学术月刊,2019(6):17-24.
- [2]梁文懿,洪哲新,陈欣,等. 初中生能量前概念二阶测试卷的编制与应用[J]. 中学物理教学参考,2021,50(9中):1-3.
- [3]Treagust D F. Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science[J]. International Journal of Science Education,1988,10(2):159-169.
- [4]干伟,袁令民,刘玲,等. 在物理教学中应用多阶选择题诊断迷思概念[J]. 湖南中学物理,2018,33(10):80-82.
- [5]王媛平,张齐齐,张萍. 国外诊断物理迷思概念的新方法——多阶选择测试题的应用[J]. 物理通报,2014(12):10-12.
- [6]朱顺明,李文娟. 基于三阶测试诊断高中生曲线运动中的迷思概念[J]. 物理教师,2021,42(5):29-31,34.

【作者简介】钟仪(1998-),女,广州大学物理与材料科学学院硕士研究生,主要研究物理课程与教学论;皮飞鹏(通讯作者)(1965-),男,广州大学物理与材料科学学院副教授,主要研究物理课程与教学论;梁文懿,广州大学物理与材料科学学院(广东 广州 510006)。

【原文出处】《物理教学探讨》(重庆),2022. 6. 44~48